

УДК 595.422/591.53

С. Г. Погребняк, Л. А. Колодочка

## **ВЫЖИВАЕМОСТЬ ГОЛОДАЮЩИХ КЛЕЩЕЙ-ФИТОСЕИД *AMBLYSEIUS LONGISPINOSUS***

В последнее время клещи-фитосейиды подвергаются активному изучению в связи с тем, что некоторые из них используются как агенты биологической борьбы с вредителями растений, в частности, с паутиными клещами, либо перспективны для такого использования. Углублённое исследование акарифага в режиме голодания и установление закономерностей этого процесса позволяют определить примерные сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения вредителем, а также установить наиболее существенные моменты в динамике процесса гибели клещей при отсутствии пищи.

В литературе сведения о выживании клещей при голодании немногочисленны. Как правило, данные такого рода получали при изучении других экологических характеристик. Репкина (1981) считала гибель при голодании основным фактором снижения численности иксодовых клещей *Ixodes persulcatus* в летне-осенний период и привела зависимость количества клещей на участке от времени. При этом основным вопросом исследования был физиологический возраст клещей в популяции, а данные о динамике выживания голодающих клещей не были обработаны. Джонс (Jones, 1950) судил о воздействии на краснотелковых клещей *Trombicula autumnalis* дефицита влажности (как факторе смертности при различной относительной влажности воздуха) по среднему времени, необходимому для полной гибели особей в эксперименте. Однако сам процесс голодовки не был изучен. Известны две статьи, освещающие изучение голодовки клещей семейства Phytoseiidae. Мори и Чэнт (Mori, Chant, 1966) определили среднюю длительность жизни голодающих клещей *Phytoseiulus persimilis* при трех вариантах опыта: а) с доступной для питья водой, б) без доступной воды при высокой влажности воздуха (85—90 %), в) без доступной воды при низкой влажности воздуха (42 %). По результатам опытов был сделан вывод о важном значении доступной для питья воды для выживания клещей при голодании. Колодочка, Лысая (1976) провели аналогичные работы и использовали методы математической статистики для обработки результатов. На основании полученных данных авторы отрицали влияние доступной для питья воды на длительность жизни голодающих клещей *P. persimilis* и *Amblyseius andersoni*, а также установили положительное влияние ее на сроки выживания клещей *A. reductus*.

Для наших опытов были использованы хорошо напитанные яйцекладущие самки клещей *Amblyseius longispinosus* (Evans), взятые непосредственно из лабораторной культуры. Акарифагов содержали на молодых растениях фасоли совместно с паутиными клещами *Tetranychus urticae*, служившими хищникам пищей. Опыты проводились по опубликованной ранее методике (Колодочка, Лысая, 1976) с некоторыми изменениями. Клещей в опыте содержали индивидуально в пластиковых трубках диаметром 1,8 мм и длиной 50 мм. Для поддержания высокой влажности воздуха в трубку на 1/5 ее длины вводили фитиль из плотной бумаги. Клещи находились между двумя ватными тампонами и доступа к воде не имели. Трубки устанавливали в перфорированный столик с подклеенным снизу поролоном. Столик помещали в чашку Петри с водой. Опыт проводили в неосвещенном термостате при 26, 28, 30, 32, 34, 36 °С. Количество погибших клещей подсчитывали ежедневно.

*A. longispinosus*, как и большинство фитосейид, каннибал. В начале опыта некоторые самки успевали отложить 1—2 яйца. Вышедших из этих яиц личинок они съедали. Как было установлено в дальнейшем, корреляции между таким дополнительным питанием и длительностью жизни самки не наблюдается.

Таблица 1. Выживаемость клещей в эксперименте, %

Время, сутки	Температура, °C					
	26	28	30	32	34	36
0	100	100	100	100	100	100
1	100	100	100	100	100	98
2	98,9	99	99	92,9	98,9	98
3	96,7	95	99	87,9	92,6	97
4	96,7	93	93,8	83,8	84	95
5	95,7	83	84,5	77,8	67	57
6	95,7	69	67	50,5	25,5	17
7	92,4	53	22,7	15,2	10,6	4
8	91,3	34	10,3	6,1	1,1	0
9	79,3	20	3,1	2,0	1,1	
10	60,9	10	2,1	1	0	
11	40,2	3	1	0		
12	21,7	1	1			
13	15,2	1	0			
14	4,3	0				
15	2,2					
16	0					

Таблица 2. Температуры, рассчитанные для уровней равной выживаемости, °C

Сутки:	Выживаемость, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
3									*
4							*	*	32,7
5					*	*	36,7	32,2	28,2
6		*	*	*	34,0	31,7	29,7	28,1	26,6
7	*	33,5	31,5	30,1	29,0	28,1	27,3	26,7	26,1
8	31,1	29,5	28,5	27,8	27,3	26,9	26,5	26,2	*
9	28,9	27,9	27,4	26,9	26,6	26,4	26,2	26,0	
10	27,9	27,2	26,8	26,6	26,3	26,1	*	*	
11	27,4	26,8	26,4	26,2	26,0	*			
12	26,8	26,3	26,0	*	*				
13	26,2	*	*						
14	*								

Основой для математической обработки данных послужила зависимость выживаемости клещей ( $S$ ) от двух факторов: времени ( $T$ ) и температуры ( $t$ ) (табл. 1). Для этой зависимости разрабатывали аппроксимационную функцию, которую использовали для интерполяции и построения изоморталей, а также исследовали ее производные. Разработка аппроксимационной функции проходила в два этапа. На первом этапе была описана зависимость  $S=f(T)$  при  $t=\text{const}$  с помощью функции  $S=100/(1+\exp(A*\exp(B*\exp(C*T))-10))$ . Для определения коэффициентов уравнения проводили преобразование  $\ln(\ln(100/S-1)+10)=\ln A+B*\exp(C*T)$  и подбирали значение коэффициента  $C$  таким, чтобы при реализации метода наименьших квадратов для  $V=\ln A+B*U$ , где  $V=\ln(\ln(100/S-1)+10)$ ,  $U=\exp(C*T)$ , ошибка уравнения была минимальной  $m(V, U)=\min$ . Метод расчетов коэффициентов был реализован на языке БЕЙСИК. Логистическая кривая, полученная для температуры 26 °C, была принята базисной для второго этапа из соображений упрощения разработки аппроксимационной функции. На втором этапе был выделен показатель, характеризующий динамику изменения базисной кривой при изменении температуры — тангенс угла наклона логарифмированного отношения текущей величины выживания к базисной. Этот показатель удалось аппроксимировать логистической функцией с линейной степенью при основании натурального логарифма. После этого аппроксимационная функция приняла свой окончательный вид  $S=$

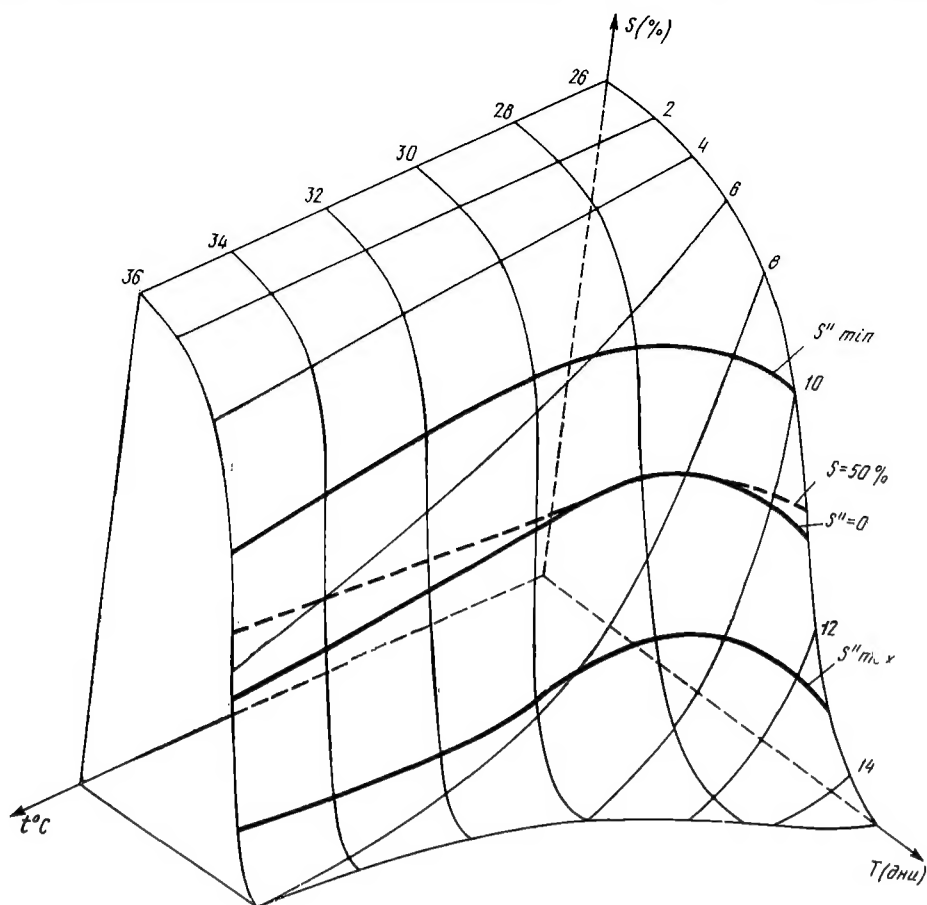


Рис. 1. Аппроксимационная поверхность и линии экстремумов второй частной производной по времени ( $S$  — выживаемость,  $T$  — время,  $t$  — температура).

$= 100 \cdot \exp(\operatorname{tg}(1 - \exp(4/(1 + \exp(D \cdot T + E))))(t - 26)/(1 + \exp(A \cdot \exp(B \cdot \exp(C \cdot T)) - 10)))$ . Ошибка (дисперсия) уравнения, рассчитана по формуле  $M = \operatorname{SQR}((S - S')/(N - n))$ , где  $S'$  — теоретические значения выживаемости,  $N$  — количество точек, использованных для расчета коэффициентов,  $n$  — количество коэффициентов уравнения. Ошибка уравнения составляет 6,95 %. Коэффициенты принимают значение:  $A = 2,36859$   $B = 0,80907$   $C = 0,0529$   $D = -0,81751873$   $E = 5,1932192$ . Поверхность, описывающая зависимость выживания от времени и температуры, показана на рис. 1. Поверхность представляет собой S-образную «горку», которая увеличивает свою крутизну в области более высоких температур. На основании аппроксимационной функции проведен перерасчет  $t$  по  $S$  и  $T$  и получены уровни одинаковой выживаемости (табл. 2, рис. 2). Обращает на себя внимание уменьшение наклона изоморталей в интервале 30—36 °C, что свидетельствует о наличии адаптации у данного вида к переживанию повышенных температур. В интервале изучаемых температур на изменение уровней выживания клещей наиболее существенно воздействует температура около 28 °C. При температуре 26 °C вновь наблюдается тенденция к уменьшению воздействия температуры на выживание голодающих клещей. Для более подробного изучения воздействия фактора времени на выживаемость были выявлены максимумы и минимумы второй частной производной по времени, а также установлены точки, где она равна нулю. Для всех экстремальных точек были рассчитаны значения функции и первой частной производной по времени. Результа-

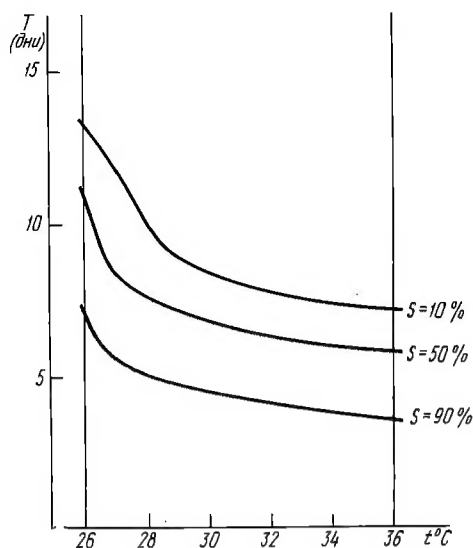


Рис. 2. Основные уровни равной выживаемости.

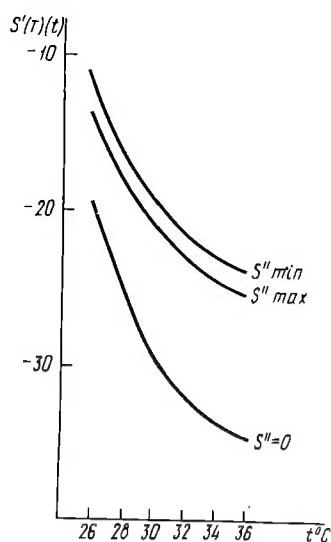


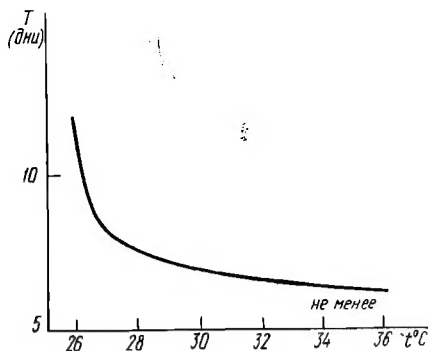
Рис. 3. Изменение величин первой производной в точках, критических для второй производной.

ты приведены в табл. 3. Вторая производная была рассчитана численным методом по формуле, полученной почленным дифференцированием интерполяционной формулы Ньютона-1, состоящей из семи членов. Метод реализован на языке БЕЙСИК. Первую производную получали прямым расчетом, принимая  $dx=1E-3$  в формуле  $y'=dy/dx$ . Линия на которой  $S''(T)=0$  — это место перегиба аппроксимационной поверхности. На этой линии скорость гибели клещей максимальна для каждой конкретной температуры. Линия перегиба поверхности лежит ниже уровня  $S=50\%$ . Линии экстремальных значений второй производной отсекают полосу, в которой скорость гибели клещей принимает наибольшие зна-

Т а б л и ц а 3. Экстремальные точки второй частной производной по времени ( $S''(T)(t)\%$  в сутки<sup>2</sup>) для некоторых температур и значения функции ( $S(T, t)\%$ ) и первой частной производной ( $S'(1)(t)\%$  в сутки) в этих точках

$t\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T$ , сутки	$S(T, t)$	$S'(T)(t)$	$S''(T)(t)$
26	9,8	68,64	-14,25	-5,30
	11,3	42,28	-19,57	0
	13,0	13,68	-11,9	7,09
28	6,3	75,6	-17,58	-10,35
	7,4	61,36	-24,54	0
	8,6	25,25	-17,09	9,48
30	5,8	72,93	-20,43	-13,26
	6,9	47,77	-29,92	0
	7,9	17,81	-19,49	15,58
32	5,6	68,95	-23,32	-14,86
	6,5	42,96	-32,40	0
	7,5	14,70	-20,46	19,74
34	5,4	67,14	-23,53	-15,58
	6,3	39,90	-33,73	0
	7,2	14,59	-22,53	22,86
36	5,3	64,18	-26,27	-16,54
	6,2	37,38	-34,45	0
	6,9	14,43	-23,81	25,02

Рис. 4. Гарантированные сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения вредителем.



чения. Эта полоса также смещена ниже 50 % уровня выживания (рис. 1). Такие результаты свидетельствуют о том, что у клещей существует адаптация к отсутствию пищи на определенном начальном отрезке времени, по истечении которого адаптационные механизмы перестают действовать, и скорость гибели клещей увеличивается. Первая частная производная по времени (скорость гибели клещей) изменяется нелинейно с ростом температуры, как это представлено на рис. 3. Это также свидетельствует о наличии у исследуемых клещей адаптации к существованию при повышенных (30—36 °C) температурах. Исходя из полученных данных о траектории экстремума первой производной по поверхности аппроксимационной функции, были рассчитаны сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения паутинными клещами после уничтожения последних. При 26 °C они составляют не менее 11,3 суток, при 28 °C — 7,4; при 30 °C — 6,9; при 32 °C — 6,5; при 34 °C — 6,3; при 36 °C — 6,2 суток (рис. 4).

Таким образом, в результате проведенных исследований получена функция, хорошо отражающая зависимость выживания голодающих хищных клещей *Amblyseius longispinosus* от двух факторов — температуры и времени. На основании анализа функции сделаны выводы о приспособленности данного вида к повышенным (30—36 °C) температурам, а также о том, что существуют механизмы, сдерживающие отрицательное воздействие голодовки на ее начальном отрезке времени. Критические линии аппроксимационной поверхности использованы для определения гарантированных сроков защищенности агрокультуры от повторного заражения паутинными клещами.

- Колодочка Л. А., Лысая Е. А. Выживаемость голодающих хищных клещей-фитосейд *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius andersoni*, *Amblyseius reductus* (Parasitiformes, Phytoseiidae) // Вестн. зоологии. — 1976. — № 3. — С. 88—90.
- Репкина Л. В. Динамика расходования голодными иксодовыми клещами запасных питательных веществ и взаимосвязь этого процесса с популяционно-экологическими особенностями иксодид: Автореф. ... канд. биол. наук. — М., 1981. — 23 с.
- Jones B. M. The sensory physiology of the harvest mite *Trombicula autumnalis* Shaw. // J. Exper. Biol. — 1950. — 27. — P. 461—494.
- Mori H., Chant D. A. The influence of humidity on the activity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriout and its prey, *Tetranychus urticae* (C. L. Coch) (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae) // Can. J. Zool. — 1966. — 44. — P. 863—871.

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена  
АН УССР (Киев)

Получено 27.06.88

УДК 597.154.343

Л. И. Гроня, И. Ф. Мишутина, Б. В. Солуха

## ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ САМЦОВ ГУППИ В ПОЛЯХ ХИМИЧЕСКИХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ

Восприятие химических раздражителей играет существенную роль в обеспечении таких видов поведения рыб, как половое, оборонительное, пищевое. Например, ухаживание и нерест у ряда видов стимулируется не только зрительными и звуковыми сигналами, но и химическими. При этом повреждение обонятельного эпителия исключает